

Engenharia civil pensando sustentabilidade: confecção de tijolos ecológicos com resíduos de britagem e solo argiloso

Civil engineering thinking sustainability: making ecological bricks with crushed waste and clay soil

Recebimento dos originais: 30/10/2018

Aceitação para publicação: 29/11/2018

Elias Antunes dos Santos

Mestre em Física pela Universidade Estadual de Londrina

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT

Endereço: Avenida Inácio Bitencourt Cardoso, Km 7 – Jardim Aeroporto, Tangará da Serra – MT, Brasil

E-mail: eliasantunes@unemat.br

Marinez Cargnin-Stieler

Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” /UNESP

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT

Endereço: Avenida Inácio Bitencourt Cardoso, Km 7 – Jardim Aeroporto, Tangará da Serra – MT, Brasil

E-mail: marinez@unemat.br

Marcus Vinicius Araújo Damasceno

Doutor em Física pela Universidade de São Paulo/USP

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT

Endereço: Avenida Inácio Bitencourt Cardoso, Km 7 – Jardim Aeroporto, Tangará da Serra – MT, Brasil

E-mail: mvaraujo@unemat.br

RESUMO

Este artigo faz parte de práticas pedagógicas que tem por objetivo incentivar os alunos de Física I e II do Curso de Engenharia Civil a ampliar os horizontes do futuro engenheiro. O trabalho foi realizado como uma atividade interdisciplinar no curso de Engenharia Civil proposto pelo docente das disciplinas com o propósito de explorar conhecimentos básicos e faz uma apresentação de como é a fabricação de tijolos ecológicos (solo-cimento), seguida pelas etapas de ensaio e fabricação de tijolo com uso de rejeitos de britagem e solo vermelho argiloso. O uso de rejeito de britagem na mistura de solo-cimento para fabricação de tijolo é umas das alternativas para aumentar o percentual de material arenoso e dar resistência ao tijolo. Também, uma alternativa sustentável. O uso do solo vermelho argiloso permitiu obter um tijolo com estética diferenciada, coloração alaranjada com pigmentos negros, oriundos da rocha basáltica típica da região. Esse trabalho além de estimular o conhecimento nas disciplinas proporcionou uma forma de trabalhar conceitos inerentes à prática da construção civil e o trabalho em grupo aprimorou as relações interpessoais dos envolvidos.

Palavras-chave: Educação em engenharia. Sustentabilidade. Empreendedorismo. Aprendizagem ativa. Formação cidadã.

ABSTRACT

This article is part of pedagogical practices that have as objective the students of Physics I and II of the Civil Engineering Course. The work was carried out as an interdisciplinary activity without Civil Engineering course by the disciplinary process with the purpose of exploring the basic steps and a presentation of how to make the ecological bricks (soil-cement), by the stages of testing and manufacturing of brick with the use of crushing tailings and clay red soil. The use of crushed tailings in the soil-cement mix for the manufacture of wallpapers is an addition to the percentage of sandy material and resistance to brick. Also, a sustainable alternative. The use of the red clay soil had a movement with the aesthetic differentiation, orange coloration with black pigments, originating from the basaltic rock typical of the region. This work in addition to stimulating knowledge in the disciplines provided a way of working in progress for the practice of civil construction and the group work improved as an interference of the involvement.

Keywords: Engineering education. Sustainability. Entrepreneurship. Active learning. Citizen training.

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, setor que consome diariamente inúmeros materiais não renováveis (areia, cal, água potável entre outros), além do entulho e rejeitos de materiais usados, buscam-se constantemente tecnologias que possam substituir essas fontes. Uma dessas tecnologias é o uso do solo para confecção de tijolos (Grande, 2003; Ferraz, 2004; Souza, 2008). O processo baseia-se em uma mistura de solo, cimento e água, compactada e curada à sombra. Um dos benefícios da adoção desse método é a redução de custos, do consumo de água, da energia, além de impulsionar o desenvolvimento de novos produtos que contribuam para o mercado e para a diminuição da poluição.

Este artigo faz parte de práticas pedagógicas que tem por objetivo incentivar os acadêmicos de Física I e II do Curso de Engenharia Civil, incentivando atividades práticas em grupos desde os semestres iniciais, investigando demandas locais com a utilização de materiais da região. Para atingir o objetivo, foram realizadas leituras de artigos sobre o assunto, visitas técnicas as empresas, coletas de amostras, ensaios laboratoriais com discussões de temas mais avançados e o processo de produção de tijolo ecológico. A escolha dessa temática foi percebida pelas discussões com empresários do setor e demanda por um tijolo ecológico com solo característico da região. Durante todas as etapas do trabalho foram registradas as atividades desde o planejamento, projeto e produção.

2 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado como uma atividade interdisciplinar no curso de Engenharia Civil proposto pelo docente das disciplinas com o propósito de explorar conhecimentos básicos e faz uma apresentação de como é a fabricação de tijolos ecológicos (solo-cimento), seguida pelas etapas de ensaio e fabricação de tijolo com uso de rejeitos de britagem e solo vermelho argiloso.

Os alunos que cursam as disciplinas de Física I e II são orientados a realizar um trabalho interdisciplinar na área de Engenharia Civil acompanhados pelo professor da disciplina, e ao final do semestre é apresentado um relatório final descrevendo o trabalho desenvolvido.

A orientação é para que o relatório contenha: título; autores; resumo; introdução; materiais e métodos; resultados e discussões; considerações finais, referências bibliográficas (obras pesquisadas e citadas no corpo do relatório) e também fotos e vídeos quando possível e que esteja entre 4 e 15 páginas no máximo.

As etapas de controle do trabalho são: em duas semanas apresentar ao professor a ideia do que será pesquisado; em 7 semanas apresentar ao professor o andamento dos trabalhos; em dez semanas a primeira apresentação; em 13 semanas a entrega do relatório; em 15 semanas a entrega do relatório final e apresentação dos trabalhos realizados. A avaliação é construída ao longo do semestre e incentiva o grupo ampliar seus conhecimentos durante todo o tempo, pois a nota é atribuída somente após todas as etapas concluídas, ou seja, no final do semestre.

Os grupos são orientados para que o relatório responda algumas questões como:

Explicar, definir, calcular e justificar conteúdos de Física I e II utilizados para realizar o trabalho, se possível, inclusive, com desenho;

Escrever uma pequena introdução teórica apresentando os conteúdos utilizados;

Explicitar todos os cálculos (de preferência apresentando desenhos sempre que fizer sentido)

Indicar os conteúdos de disciplinas cursadas com ou sem aprovação que também foram utilizadas para realizar o trabalho;

Indicar conteúdos estudados para resolver o problema que ainda não tenham estudado;

Indicar disciplinas que utilizaram para resolver o problema.

Para descrever o trabalho realizado pelos alunos nesse artigo, sorteamos um semestre entre os quatro que foram trabalhados com esse propósito e depois escolhemos um grupo que tivesse trabalhado com Física I e II. O semestre sorteado foi 2017/1. Os trabalhos escolhidos foram: “Tijolo solo-cimento: utilização de rejeito de britagem e solo argiloso” e “ensaio de retração do solo utilizado para fabricação de tijolo solo-cimento”.

Ao Grupo que realizou os trabalhos foi aplicado um formulário (Demo, 1995) com o objetivo de compreender como os alunos vivenciam a construção do trabalho e suas aprendizagens e as relações interpessoais.

Quadro 1: Recorte do formulário aplicado ao Grupo que realizou os trabalhos.

Que conteúdos de Física I foram aplicados no trabalho?
Que conteúdos de Física II foram aplicados no trabalho?
Que conteúdos/disciplinas que ainda não cursaram precisaram buscar/estudar?
Como foi a execução do trabalho?
Todos os membros do Grupo trabalharam ativamente?
Quais os pontos positivos do trabalho?
Quais os pontos negativos?
O que mais despertou o interesse do Grupo? Por quê?
Quais obstáculos o trabalho os auxiliou a superar?
O Grupo conversou com algum professor ou aluno de semestre mais adiantado para realizar o trabalho?
Qual tema abordado?
Quem pode ser beneficiado com o trabalho/descobertas que vocês realizaram?
Qual a importância do trabalho para vocês?

Fonte: elaborado pelos próprios autores

Os documentos analisados foram as respostas do formulário e os relatórios produzidos pelo Grupo, por isso essa pesquisa é documental e descritiva.

Segue a metodologia utilizada para desenvolver os trabalhos realizados pelos alunos do Grupo.

Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica sobre a produção de tijolos. Embasados na literatura e observado o potencial local realizou-se a pesquisa experimental. As atividades foram realizadas no Campus da UNEMAT em Tangará da Serra - MT e em uma fábrica de tijolo ecológico da cidade. Basicamente o experimento consiste no estudo da mistura solo-cimento e depois na fabricação destes tijolos. O trabalho foi acompanhado e orientado pelo professor e acompanhado por funcionários da empresa.

O ensaio de retração sugerido pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Didática (CEPED, 1984) visa detectar, na composição dos solos, a presença de argilas expansivas que tendem a comprometer o desempenho do material devida a retração na secagem. As argilas expansivas podem absorver quantidade de água significativa e ocasionar, na secagem, fissuras e trincas. Nesta

pesquisa, os ensaios de retração foram executados de acordo com as recomendações do CEPED (1984). Para o ensaio, depois da coleta, o solo foi seco, destorroado e peneirado. Então a amostra de solo foi umedecida até que se obtivesse um material de consistência plástica, similar a uma argamassa de emboço. A seguir foi colocada dentro de uma caixa de madeira com 60,0 cm de comprimento, 8,5 cm de largura e 3,5 cm de espessura. Após a realização do adensamento manual o material ficou em repouso à sombra durante sete dias; após este período faz-se a medida da retração no sentido do comprimento da caixa, nesse procedimento a soma das leituras do paquímetro deve ser inferior a 20 mm e não apresentar rachaduras transversal.

O experimento foi realizado no primeiro semestre de 2017, mais especificamente de março a junho de 2017. Consistiu de traço diferente, utilizando rejeito de britagem, saibro e solo vermelho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente descrevem-se os processos utilizados pelo Grupo na confecção do tijolo. Após, foi descrito as percepções do Grupo quanto a realização do trabalho.

3.1 Produção do tijolo solo-cimento produzido na fábrica visitada

O tijolo produzido na fábrica visitada utiliza saibro, um único tipo de solo proveniente do fundo de jazida de areia do Rio Sepotuba, produto que naturalmente possui alto teor de areia.

As etapas que geralmente são utilizadas para a produção de tijolos solo-cimento:

Escolha do tipo de solo a ser utilizado, de acordo com os pré-requisitos exigidos após sua confecção: Medidas geométricas, resistência mecânica, retração, absorção de água. Outros pré-requisitos: dosagem econômica, proximidade com o local de fabricação, pureza do solo (ausência de pedregulhos, gravetos, raízes).

Preparo do solo. São realizadas a retirada de impurezas e realizado peneiramento em malhas de 4,8 milímetros.

Dosagem: os componentes do tijolo de solo-cimento são: solo preparado; aglomerante (cimento); água; aditivos (podem ser corantes, impermeabilizantes entre outros);

Mistura e homogeneização;

Transporte por correia transportadora;

Moldagem em prensa hidráulica;

Cura e estocagem que precisam seguir alguns requisitos como: os tijolos empilhados ao retirar das formas; o local de armazenamento nivelado para não danificar os tijolos; as pilhas precisam ser pequenas para não ocorrer sobrecargas; evitar a mobilidade dos tijolos nos 3 primeiros dias e nesses

3 primeiros dias de cura pulverizar com água de duas a quatro vezes por dia; evitar o armazenamento em locais sob ação de ventos ou sol e cobrir com plásticos para evitar perda de umidade; com 28 dias a cura está completa, a partir daí pode ser realizado o transporte.

Para transportar tijolos mesmo curados, precisam estar embalados nos paletes.

3.2 Produção do tijolo solo-cimento com rejeito de britagem e solo vermelho argiloso

Para a confecção do tijolo utilizou-se solo vermelho argiloso, coletado no Campus Universitário Prof. Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra/MT (Figura 1).

Para se realizar o ensaio de retração (Figura 2) foi necessária uma caixa de madeira com 60 cm x 8,5 cm x 3,5 cm e foi indispensável o uso do traço do qual pretendia-se utilizar para a realização do tijolo solo-cimento.

Figura 1: Solo argiloso



Fonte: Relatório 1, p. 4

A granelha, oriunda de rocha basáltica usada na mistura solo-cimento foi obtida pós-peneiramento do pó de pedra, passante em peneira de malha 4,8 mm e retido em peneira de malha 2 mm.

Figura 2: Mistura de solo argiloso e rejeito de britagem umedecido



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Posteriormente a mistura foi acomodada na caixa de madeira para ensaio de retração (Figura 3).

Figura 3: Mistura sendo acomodada na caixa



Fonte: Relatório 1, p. 5

A mistura descansou por 4 dias na sombra. Ao observar a mistura foi percebida uma fenda central e retração lateral, por conta disso, outros traços foram testados aumentando o percentual de granilha e acrescentado uma pequena porcentagem de areia com o propósito de aumentar o percentual de material arenoso e com isso reduzir a retração linear.

Com o intuito de melhorar as propriedades, principalmente a estética, foi pensado um traço diferenciado do utilizado pela empresa visitada. Os ensaios foram desenvolvidos até obter um percentual relevante de rejeito de britagem.

O cimento utilizado foi o cimento portland classificação CP V-ARI, tem como principal função chegar a níveis altos de resistência nos primeiros dias. Esse cimento geralmente é utilizado, em produções que precisam de cura rápida. Essa característica se dá devido a dois fatores importantes, a quantidade de clínker e a baixa granulometria.

Traço desenvolvido para fabricação dos tijolos foi de (1:8): rejeito de britagem (50%), terra argilosa vermelha (35%), saibro (15%) e umidade (12%). Essa umidade foi obtida através do ensaio de compactação.

Os procedimentos para fabricação começaram em preparar todos os materiais para a mistura (Figura 4) e fabricação dos tijolos, após isso foram transportados para a empresa, na qual foi realizada a prensagem.

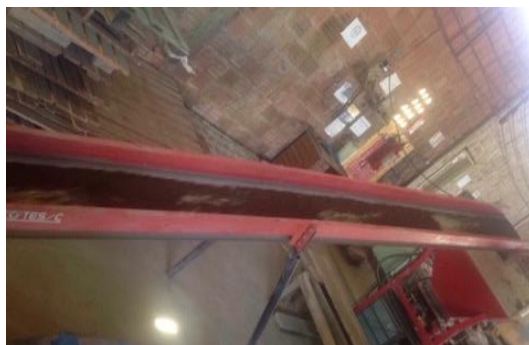
Figura 4 – Trabalhos na máquina homogeneizadora.



Fonte: Relatório 1, p. 4

Após o processo de homogeneização, a própria máquina realiza o peneiramento e encaminha a mistura usando correias transportadoras. (Figura 5).

Figura 5: Mistura conduzida para a prensa de tijolos



Fonte: Relatório 1, p. 4

A próxima etapa é a prensagem (Figura 6), na qual os tijolos são compactados e ganham formato, prontos para serem embalados e passarem pelo o processo de cura.

Figura 6 – Etapa de prensagem do tijolo.



Fonte: Relatório 1, p. 5

Depois de ganharem formato, os tijolos são armazenados em fileiras e envolvidos com plástico filme, para não perder a umidade. A Figura 7 mostra os tijolos em processo de cura, pós-prensagem.

Figura 7 – Tijolos na fase cura.



Fonte: Relatório 1, p. 5

A Figura 7 mostra tijolos recém-prensados, em média cada um pesou 3,14 kg em estado úmido.

O intuito dessa investigação também é melhorar o tempo de estocagem do produto e agilidade na linha de produção, ou seja, menor tempo entre a solicitação e a entrega do produto.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Ao final dos ensaios observou-se que os tijolos ficaram com ótima aparência física e a coloração desejada. A maior dificuldade para fabricação de tijolos nessa coloração, seria a busca pelo traço ideal com a utilização do solo vermelho argiloso que traz a cor marrom-vermelho para o produto final. O uso de pigmentos na fabricação e tintura depois de prontos são métodos não viáveis, pois elevem o custo da produção.

Nesse experimento foi utilizado rejeito de britagem como agente de resistência e uma dosagem para a mistura solo-cimento.

Com relação à retração, embasado na literatura e no ensaio realizado, foi possível concluir que quanto maior o percentual de areia na mistura menor seria a retração, por isso a decisão de aumentar o percentual de areia na mistura e diminuir o percentual do solo argiloso.

Depois de curados os tijolos apresentaram a superfície um pouco rugosa, que pode ser corrigido com a incorporação de resíduos da construção civil com alto índice de areia e cimento.

5 AVALIAÇÃO DOS ACADÊMICOS

Como mencionado anteriormente, ao final do trabalho foi aplicado um questionário aos acadêmicos com o objetivo de analisar a percepção dos alunos com a realização das atividades práticas na Engenharia Civil.

Quando questionado sobre quais conteúdos de Física I foram aplicados no trabalho, o Grupo mencionou que “foram utilizados os conceitos básicos de Física, e suas aplicações básicas”. Também citaram conceitos de força e uso de equipamentos úteis para os ensaios de resistência dos tijolos.

Ao responderem sobre que conteúdos/disciplinas cursadas nos semestres anteriores foram utilizados, o Grupo escreveu: “Os conhecimentos necessários para a realização do trabalho, foram basicamente das disciplinas de ‘Materiais de construção I e II’ no qual tínhamos a necessidade de conhecer os materiais de construção, e os maquinários necessários para a confecção do tijolo”.

Questionados sobre o que despertou interesse do grupo, responderam:

A possibilidade de obter resultados significativos despertou no grupo não somente o interesse em conhecer a fabricação dos tijolos ecológicos solo-cimento. Mais do que isso, ao discutir com o professor orientador da pesquisa, o grupo desenvolveu interesse em confeccionar os tijolos em um traço diferente do convencional, buscando obter resultados ainda mais eficientes e com características particulares, como a coloração.

Ao analisarem a importância do trabalho realizado, o Grupo teve uma visão madura com viés em sustentabilidade e capitalismo consciente tendo em vista que são acadêmicos dos semestres iniciais do curso, com idade média de 18 anos:

Nós, como futuras engenheiras civis, julgamos importante o desenvolvimento deste trabalho, pois o mesmo nos permitiu observar na prática a fabricação de um material que está ganhando grande espaço na construção civil. Tendo em vista que os tijolos em estudo possuem uma versão ecológica, podemos dizer que a pesquisa nos fez refletir na importância da busca por aproveitamento de materiais que normalmente são “descartados”. Além disso, observar a importância de estratégias na escolha de componentes para composição dos tijolos visando reduzir os gastos finais, como o uso do solo vermelho argiloso que garante a coloração desejada dispensando o uso de tintas ou pigmentos. É papel e responsabilidade do engenheiro civil levar em consideração aspectos como os citados acima, portanto, consideramos estes de maior importância no trabalho realizado.

O que nos chamou atenção na resposta das acadêmicas com respeito aos materiais foi a menção da palavra descartados ao se referirem ao material obtido num britador local denominado de rejeito de britagem, ou popularmente pó de pedra. Esse equívoco deve-se a pouca vivência

prática dos acadêmicos que ao ouvirem o termo relacionaram a outras leituras de trabalhos envolvendo os rejeitos da construção civil, materiais normalmente descartados ou ainda pouco reutilizados.

Ao responderem sobre os possíveis beneficiados com o trabalho, enfatizaram a socialização dos resultados obtidos com esse trabalho e de outros realizados, proporcionando que mais acadêmicos possam dar continuidade aos estudos, trazendo ganhos para a formação dos acadêmicos e também para curso.

Com relação as interações interpessoais o Grupo mencionou que o trabalho proporcionou um maior vínculo de amizade entre os integrantes do grupo e também com o professor orientador. Além disso, foi possível observar o trabalho cooperativo desenvolvido por todos os membros, o que possibilitou auxiliar na formação cidadã dos envolvidos no trabalho que trará ganhos tanto para sua vida profissional como social.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor da construção civil está em constante crescimento o que leva a um aumento da necessidade de extrair matérias-primas em quantidades elevadas, tornando necessária a busca por novas fontes e possíveis meios de reaproveitamento de materiais que geralmente são descartados.

O uso de rejeito de britagem na mistura de solo-cimento para fabricação de tijolo é umas das alternativas sustentáveis. Visto que, os rejeitos de britagem das rochas ficam estocados nas pedreiras em função da alta produção e baixa procura. Além disso, suas propriedades e características permitem melhor resistência e melhor acabamento estético ao tijolo.

O uso do solo vermelho argiloso, também foi considerado viável para fabricação de tijolos na coloração marrom-vermelho e dispensa o uso de pigmento e tintas, reduzindo custo na obra e na fabricação do tijolo.

Ao utilizar o solo da região com o traço de 35% de solo argiloso, 50% de rejeito de britagem e 15% de areia e traço aglomerante-agregados (1:8), obteve-se mistura ideal para a fabricação do tijolo solo-cimento.

Considerando-se a percepção dos acadêmicos que realizaram as atividades observou-se que o engajamento na realização do trabalho foi satisfatório e possibilitou o estudo de novos conceitos da Engenharia Civil bem como a aplicação dos conceitos teóricos vistos em sala de aula, o que contribuiu para a compreensão dos fenômenos observados.

Também foi observado que o trabalho em grupo possibilitou uma formação mais cidadã, pois os próprios envolvidos relataram ter estreitados os laços de amizade entre eles e inclusive com o professor orientador.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNEMAT e a fábrica de tijolos de solo-cimento de Tangará da Serra (ECOFORT) que cederam os equipamentos e acompanharam o experimento realizado.

REFERÊNCIAS

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento - CEPED. **Manual de construção com solo-cimento**. Camaçari: CEPED, 1984. 116p

DEMO, Pedro. **Metodologia científica em ciências sociais**. 3a Ed., São Paulo, Atlas, 1995.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa**. São Carlos: EESC-USP, 2003. 165p. Dissertação Mestrado.

FERRAZ, A. L. N. **Análise da adição de resíduos de argamassa de cimento em tijolos prensados de solo-cimento**. Ilha Solteira: UNESP, 2004. 107p. Dissertação Mestrado.

SOUZA, Márcia I. B. et al. **Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.12, n.2, p.205–212, 2008.